

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET

Martina Mikanović

**Funkcionalna dijagnostika kardiorespiratornog
statusa u djece**

DIPLOMSKI RAD



Zagreb, 2015.

Ovaj diplomski rad je napisan na Katedri za pedijatriju KBC Zagreb pod vodstvom
doc.dr.sc Daniela Dilbera i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2014./2015.

Kratice

CPET- kardiopulmonalni test opterećenjem

O₂-kisik

CO₂-ugljikov dioksid

VO₂-volumen udahnutog kisika

VCO₂-volumen izdahnutog ugljikova dioksida

VE-minutna ventilacija

VO₂peak-maksimalan unos kisika

VE/VCO₂-ventilacijski ekvivalent ugljikova dioksida

VE/VO₂-ventilacijski ekvivalent kisika

AT-anaerobni prag

RER-omjer respiratorne izmjene

RCP-respiratorna kompenzacijska točka

PET CO₂-koncentracija ugljikovog dioksida na kraju ekspirija

PET O₂-koncentracija kisika na kraju ekspirija

O₂ puls-puls kisika

WR peak-maksimalna stopa rada

$\Delta VO_2/\Delta WR$ -promjena povećanja kisika u odnosu na promjenu povećanja stope rada

BR-frekvencija disanja

HR-frekvencija srca

HRR-rezerva srčane frekvencije

VD/VT-omjer fiziološkog mrtvog prostora

Sažetak

Funkcionalna dijagnostika kardiorespiratornog statusa u djece

Martina Mikanović

Plućne i srčane bolesti se manifestiraju intolerancijom napora koja se definira kao nesposobnost uspješnog izvršenja fizičkog zadatka kojeg zdrava osoba može izvršiti bez poteškoća. Parametri plućne i srčane funkcije mjereni u mirovanju nisu primjereni pokazatelji stupnja intolerancije napora

Spiroergometrija (Cardiopulmonary exercise testing- CPET) je nova metoda koja pruža jedinstvenu mogućnost istovremenog proučavanja staničnog, kardiovaskularnog i odgovora respiratornog sustava pri točno određenim uvjetima metaboličkog stresa. No, primjena spiroergometrije u pedijatrijskoj populaciji se razlikuje u mnogim aspektima od primjene ove dijagnostičke metode u adultnoj kardiologiji. Kardiopulmonalni odgovor u djece tijekom testa opterećenja se prezentira parametrima različitim od onih u odrasloj dobi, a različit je i spektar indikacija.

Spiroergometrija i ostale metode koje procjenjuju funkcionalnu sposobnost organizma u kretanju imaju središnju ulogu u ocjeni aerobnog kapaciteta u djece sa prirođenim srčanim grješkama na temelju čega se formiraju smjernice o daljnjem liječenju, preporuke o fizičkoj aktivnosti u sportu, rehabilitaciji kao i pri profesionalnom usmjeravanju.

Ključne riječi: spiroergometrija, funkcionalna sposobnost, prirođene srčane grješke

Summary

Functional diagnostics cardiorespiratory status in children

Martina Mikanović

Lung and heart disease are manifested as intolerance of physical effort defined as inability to successfully execution of the physical task, which healthy person can manage without any difficulties. Measuring parameters of lung and heart function at rest are not appropriate indices of intolerance degree.

Cardiopulmonary exercise testing (CPET) is a novel method that offers the unique opportunity to study the cellular, cardiovascular and respiratory systems responses simultaneously under precise conditions of metabolic stress. CPET in paediatric cardiology differs in many aspects from the tests performed in adult cardiology. Children's cardiovascular responses during exercise testing present different characteristics and range of indications is different.

Spiroergometry and other methods which measure functional ability of human body in movement have the main role in assessment of aerobic capacity in children born with congenital heart defect, based on this results are formed guidelines about future medical treatment, recommendations on physical activities in sports, about possible rehabilitation and professional orientation in jobs.

Key words: cardiopulmonary exercise testing, functional capacity, congenital heart defect

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Indikacije za funkcionalno testiranje (spiroergometriju)	4
3. Kontraindikacije	7
3.1 Apsolutne kontraindikacije.....	8
3.2 Relativne kontraindikacije.....	8
4. Parametri spiroergometrije	9
5. Interpretacija rezultata	10
6. Ostale metode za funkcionalnu dijagnostiku kardiorespiratornog status.....	13
6.1 24 satni EKG.....	13
6.2 Šestominutni test hodanja.....	17
7. Zaključak	21
8. Zahvale.....	23
9. Literatura	24
10. Životopis	26

1. Uvod

Prirođene srčane grješke spadaju među najčešće i najteže malformacije jednog organskog sustava. Zbog svoje učestalosti i činjenice da danas sve više djece sa srčanim grješkama preživljava i prelazi u odraslu dob, ova skupina bolesnika poprima sve veći javnozdravstveni značaj.

Pedijatrijska kardiologija doživjela je strjelovit napredak posljednjih nekoliko desetljeća. Mnogi pacijenti sa prirođenim srčanim grješkama, koji ranije nisu preživljavali, danas, zahvaljujući uznapređovalom liječenju, preživljavaju i prelaze u odraslu dob te se time formira skupina bolesnika koju nazivamo GUTCH pacijentima (*grown up congenital heart disease*).

Izvješća o prevalenciji prirođenih srčanih grešaka značajno se razlikuju i kreću se u rasponu od 2 do 11.7 na 1000 živorođene djece, dobrim dijelom ovisno o definiranim kriterijima uključivanja u studiju, odnosno o metodama istraživanja. Zahvaljujući studijama koje su kreirane za Republiku Hrvatsku doznali smo prevalenciju prirođenih srčanih grješaka za razdoblje od 1995. do 2007. godine koja iznosi prosječno 0.8 %¹.

Danas se vodimo tezom da se gotovo sve prirođene srčane grješke mogu liječiti. Granica postavljanje dijagnoze, a čak i liječenja pomaknuta je već na intrauterinu dob. Rastući je postotak djece čija se dijagnoza danas postavlja već intrauterino. Po porodu nužno je rano zbrinjavanje i prepoznavanje prema osobitostima hemodinamike prirođene srčane grješke. Nakon dijagnostičkog i terapijskog plana, slijedi često kardiokirurška operacija kojom se uspostavlja ravnoteža između sistemske i plućne cirkulacije (*banding* - podvezivanje) plućne

arterije ili uspostava aortopulmonalne anastomoze (Blalock-Tausigova anastomoza njene modifikacije)². Značajan postotak djece moguće je inicijalno kompletno korigirati. Jedan veliki dio pacijenata, poput djece rođene sa sindromom hipoplastičnog lijevog ili pak desnog srca, preživljava zahvaljujući kardiokirurškim operacijama u vidu premoštenja desne ili lijeve klijetke.

Prirođene srčane grješke su etiološki i fenotipski raznolika skupina bolesti koja je od velike javnozdravstvene važnosti prije svega zbog učestalosti, ali i činjenice kako, zbog napretka dijagnostičkih metoda, razvoja fetalne i pedijatrijske kardiologije, bolje suportivne terapije, unaprjeđenja kardiokirurških mogućnosti, bolje povezanosti i suradnje vodećih centara te općenito napretka u medicini, veliki broj djece doživi odraslu dob, iako većina njih i dalje ostaju kronični srčani bolesnici koje je potrebno kontinuirano pratiti.

Svrha ovog preglednog diplomskog rada je dati doprinos i naglasiti važnost praćenja pacijenata sa prirođenim srčanim grješkama te posebno naglasiti vrijednost funkcionalne dijagnostike za ocjenu kardiorespiratornog sustava. Naime, većina dosadašnjih metoda za ocjenu kardiorespiratornog sustava izvodi se u mirovanju (EKG, UZV srca, spirometrija, RTG srca i pluća, MR srca, CT, krvne analize), neke se rade u analgosedaciji djeteta (kateterizacija srca), no osobitu vrijednost imaju metode poput spiroergometrije koja proučava funkcioniranje kardiorespiratornog sustava u kretanju, u aktivnosti, što je jedna od esencija življenja. Danas velika skupina djece sa prirođenim srčanim grješkama preživljava, a velik dio njih ima punu kvalitetu življenja (NYHA I). Pacijenti žive kao naizgled zdrava djeca, pohađaju vrtiće, škole, rade tjelesni odgoj, upisuju srednje škole, fakultete, te se spiroergometrija nameće kao nužna metoda za ocjenu funkcioniranja organizma u svakodnevnim

aktivnosti, u kretanju, a sve kako bi nam omogućila ispravnu ocjenu o stanju organizma, o tome tko može i smije, a tko ne može i komu treba dodatna skrb i dijagnostičko-terapijski tretman. U tome, nam svekoliko pomaže u ocjeni, kreiranju smjernica u daljnjem praćenju bolesnika, pomaže u ocjeni pacijenta o donošenju ispravnih odluka o bavljenju tjelesnim aktivnostima te poslije i profesionalnoj orijentaciji odraslih pacijenata

Plućne i srčane bolesti se manifestiraju intolerancijom napora koja se definira kao nesposobnost uspješnog izvršenja fizičkog zadatka kojeg zdrava osoba može izvršiti bez poteškoća. Mjerenje parametara plućne i srčane funkcije u mirovanju nisu primjereni pokazatelji stupnja intolerancije napora. Nova metoda koja postaje zlatni standard u pristupu ocjene stupnja intolerancije napora jest spiroergometrija (Cardiopulmonary exercise testing-CPET)³

Spiroergometrija omogućava analizu izmjene respiratornih plinova u svakom pojedinom udahu u miru i tijekom opterećenja, s tim da se intenzitet opterećenja postupno povećava do pojave simptoma koji ograničavaju testiranje ili do postizanja maksimalnog opterećenja. Također se dobivaju podaci o plućnoj ventilaciji, potrošnji O₂, stvaranju CO₂ i frekvenciji srca. Opterećenje se izvodi na pokretnoj traci ili bicikl-ergometru. Spiroergometrija primarno određuje može li, ili ne može pacijent podnijeti maksimalno opterećenje, odnosno je li podnošenje maksimalnog opterećenja normalno ili smanjeno (VO₂peak). Spiroergometrija se koristi za otkrivanje koji to organski sustavi doprinose pojavi dispneje u naporu i nepodnošenju opterećenja i do kojeg stupnja.⁴

Test je senzitivniji za otkrivanje rane ili latentne bolesti od manje složenih testova koji se izvode u mirovanju. Primjenjuje se u procjeni stupnja invalidnosti, preoperativnoj procjeni, pri otkrivanju radi li se o dispneji kardijalne ili pulmonalne geneze, kod selekcije kandidata za transplantaciju srca i u prognostičke svrhe. Spiroergometrija također pomaže u procjeni terapijskog odgovora i kao vodič za vježbe opterećenja kod rehabilitacijskih programa.⁴

2. Indikacije za funkcionalno testiranje (spiroergometriju)

Primjena spiroergometrije u pedijatrijskoj populaciji se razlikuje u mnogim aspektima od primjene ove nove dijagnostičke metode u adultnoj kardiologiji. Kardiopulmonalni odgovor u djece tijekom testa opterećenja se prezentira parametrima različitim od onih u odrasloj dobi, osobito se to odnosi na unos kisika, niži arterijski parcijalni tlak ugljikovog dioksida, što rezultira većom ventilacijskom učinkovitosti VE/VCO_2 (odnos između litara zraka potrebnom da se eliminira litra ugljikovog dioksida), kao i na vrijednosti srčane frekvencije i krvni tlak koji su neophodni u interpretaciji respiratornih i hemodinamskih podataka. Osim parametara, razlikuju se i indikacije za primjenu spiroergometrije. Dok su bolesti povezane sa ishemijom miokarda glavna indikacija za primjenu ove metode u adultnoj dobi, ova skupina bolesti u pedijatrijskoj populaciji je rijetka.⁵

Procjena kardiopulmonalnog kapaciteta, kao i razlikovanje fizioloških od patoloških promjena srca u mladim sportaša i procjena za rizik od iznenadne smrti su indikacije koje zahtijevaju evaluaciju funkcionalnim testom opterećenja.⁶

Također ima važnu ulogu u prepoznavanju arterijske hipertenzije uzrokovane fizičkim naporom i astme inducirane vježbanjem.⁷ Parametri dobiveni testom opterećenja se koriste pri evaluaciji pacijenata sa prirođenim srčanim grješkama koje je potrebno liječiti operativno, medikamentozno ili uputiti na dodatne invazivne pretrage. Primjena spiroergometrije u djece sa prirođenim srčanim grješkama se koristi u ocjenjivanju aerobnog kapaciteta te se na temelju dobivenih rezultata formiraju preporuke o fizičkoj aktivnosti u sportu, pri profesionalnom usmjeravanju ili rehabilitaciji. Spiroergometrija se primjenjuje kod srčanih grješaka bez patološkog pretoka (pulmonalna stenoza, aortna stenoza, koarktacija aorte), kod srčanih grješaka s patološkim lijevo-desnim pretokom (defekt ventrikularnog septuma, defekt atrijskog septuma) i s patološkim desno-lijevim pretokom (tetralogija Fallot).

Osim toga, primjenjuje se za procjenu sposobnosti dopreme kisika i eliminacije ugljikova dioksida u pacijenata sa sindromom hipoplastičnog lijevog srca, gdje nakon operativnog zahvata po Fontanu plućni utok potpuno ovisi o kavopulmonalnom spoju i plućnom otporu.⁸ Koristi se i za procjenu uspjeha intervencije poput ugradnje elektrostimulatora, zatvaranje patološkog spoja ili ablacije aritmogenih centara.

Spiroergometrija ima važno mjestu u postavljanju dijagnoze prirođenih sindroma produljenog QT-intervala u elektrokardiogramu (Romano-Wardov sindrom, Jervell-Lange-Nielsenov sindrom) koji mogu biti izvorom fibrilacije ventrikula i zastoja srca, što je jedan od uzroka iznenadne smrti dojenčeta i djeteta.

Nadalje, spiroergometrijom se izazivaju napor i fizičko opterećenje koji mogu biti trigerirajući momenti za pojavu aritmija zbog kraće dijasole, odnosno kraćeg vremena punjenja koronarnih arterija i proizvodnje katekolamina kao odgovora organizma na tjelesno opterećenje, i to osobito u bolesnom srcu.

Među najčešćim aritmijama u djece jest supraventrikularna paroksizmalna tahikardija koja se u pravilu javlja na zdravom srcu. Još češće su ekstrasistole koje predstavljaju preuranjene kontrakcije miokarda zbog ektopičnih izbijanja iz žarišta koje može biti supraventrikularno i ventrikularno.

Funkcionalne ekstrasistole većinom nestaju u tahikardiji prilikom tjelesnog napora, u suprotnom, ukoliko se umnažaju tijekom napora, vjerojatno su organskog uzroka. Stoga je ova metoda pronašla svoje mjesto u procjeni pojave prijevremenih kontrakcija miokarda kod hipertrofične kardiomiopatije koja se smatra najčešćim uzrokom iznenadne smrti pri sportskom naporu u prividno zdravog i često dobro treniranog djeteta ili mladog čovjeka.

Spiroergometrija se koristi i za dijagnostiku kronotropne inkompetencije, koja se definira kao nesposobnost srca da poveća frekvenciju proporcionalno s povećanjem napora, što je čest slučaj kod pacijenata sa kardijalnom patologijom. Sposobnost obavljanja fizičkog napora jest važna odrednica kvalitete života i omogućena je povećanjem unosa kisika (VO_2). Tijekom maksimalne aerobne vježbe u zdravih ljudi VO_2 se povećava 4 puta, što se postiže povećanjem srčane frekvencije 2.2 puta, povećanjem udarnog volumena 0.3 puta i povećanjem arteriovenske razlike u koncentraciji kisika 1.5 puta. Očito da je srčana frekvencija najsnažniji faktor koji omogućuje izvođenje kontinuirane aerobne vježbe. Stoga ne iznenađuje činjenica da je upravo kronotropna inkompetencija značajni, ako ne i primarni uzrok intolerancije napora. Usprkos tome, kronotropna inkompetencija se vrlo često previdi u kliničkoj praksi što se smatra posljedicom nedovoljno definirane metodologije za postavljanje dijagnoze i potrebe za primjenom spiroergometrije.⁹

Indikacija za pretragu je i evaluacija učinkovitost lijekova poput beta blokatora, ACE inhibitora i digitalisa u liječenju zatajenja srca.

Važna primjena ove metode jest usaditi sigurnost i povjerenje u djecu i roditelje, kao i educirati ih o preventivnim učincima sporta u životu zdrave djece i populaciji djece sa prirođenim srčanim grješkama, gdje se roditelji vrlo često odnose prezaštitnički, iako osnovni poremećaj svojom veličinom ne ograničava bavljenje fizičkom aktivnošću uključujući i natjecateljske sportove .

3. Kontraindikacije

Spiroergometrija se u kliničkoj praksi primjenjuje tek onda kada nismo dobili odgovor na specifična pitanja koja nas zanimaju, a prethodno smo učinili bazične pretrage uključujući dobru anamnezu, fizikalni pregled, rendgenogram pluća i srca, testove plućne funkcije u mirovanju i elektrokardiogram (EKG) u mirovanju. To nikada nije prva pretraga i uvijek mora korist od pretrage biti veća nego što je rizik. Postoje apsolutne i relativne kontraindikacije za pretragu.

3.1 Apsolutne kontraindikacije:

- Nestabilna angina pectoris
- Simptomatska nekontrolirana aritmija
- Hemodinamski nestabilan bolesnik
- Sinkope
- Akutni endokarditis
- Akutni miokarditis ili perikarditis
- Aortna stenoza sa simptomima
- Akutna plućna embolija
- Mentalni poremećaj koji onemogućuje suradnju
- Suspektna disecirajuća aneurizma
- Nekontrolirana astma
- Edem pluća
- Saturacija na sobnom zraku u mirovanju $\leq 85\%$
- Dekompenzirana kronična respiratorna insuficijencija
- Akutna bolest i bolest koja se može pogoršati u naporu (infekcije)

3.2 Relativne kontraindikacije:

- Umjerene stenoze srčanih zalistaka
- Netretirana arterijska hipertenzija u mirovanju
- Tahiaritmija ili bradiaritmija
- AV blok
- Hipertrofična kardiomiopatija
- Značajna plućna hipertenzija
- Disbalans elektrolita
- Ortopedska oštećenja koja onemogućuju izvođenje testa

4. Parametri spiroergometrije

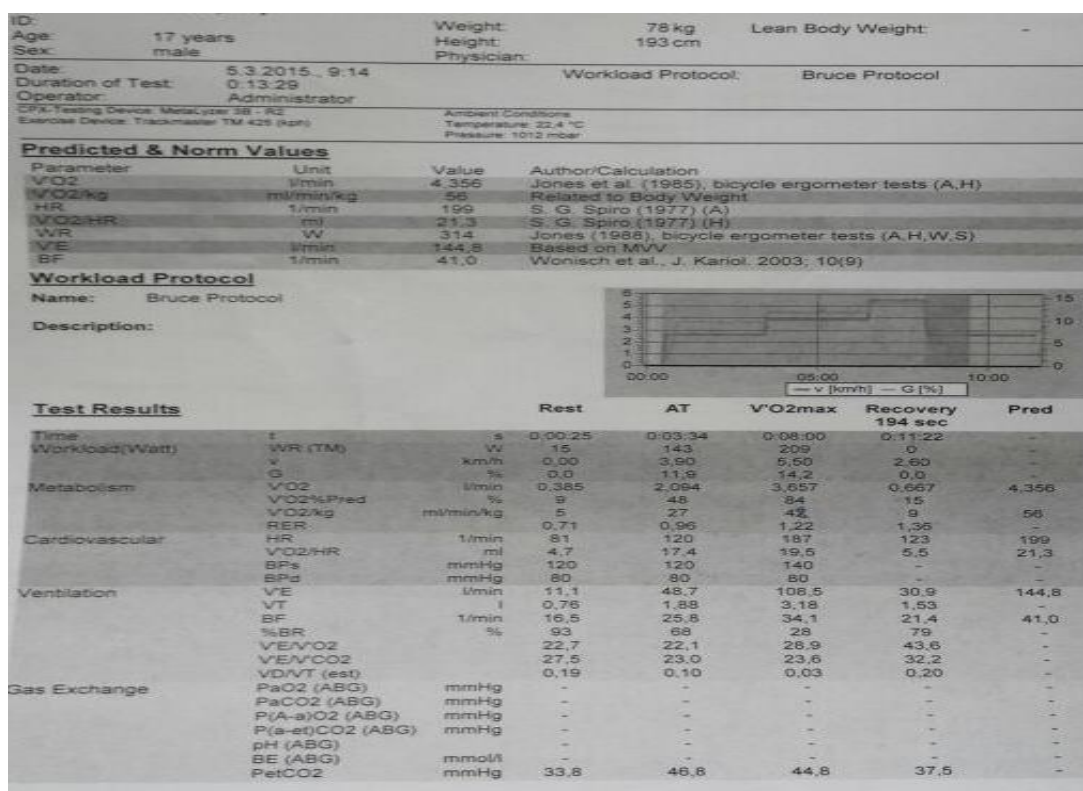
Parametri koji se mjere tijekom kardiopulmonalnog testa opterećenjem (CPET) uključuju vršnu stopu rada (WR rate), srčanu frekvenciju (HR) i vršnu potrošnju kisika (VO_2peak). Dodatni parametri su minutna ventilacija (VE), procjenjivanje anaerobnog praga (AT), respiratorna kompenzacijska točka (RCP), volumen udahnutog kisika (VO_2), volumen izdahnutog ugljikovog dioksida (VCO_2), ventilacijski ekvivalenti za ugljikov dioksid i kisik (VE/VCO_2 , VE/VCO_2), puls kisika (O_2 puls) koji korelira sa srčanim minutnim volumenom (VO_2/HR), omjer fiziološkog mrtvog prostora i respiracijskog volumena (VD/VT), koncentracija ugljikovog dioksida u izdahnutom zraku (PETCO_2), koncentracija kisika u izdahnutom zraku (PETO_2), omjer izmjene plinova (RER), povećanje unosa kisika u odnosu na usporedno povećanje stope rada ($\Delta\text{VO}_2/\Delta\text{WR}$), rezerva disanja (BR) i rezerva srčane frekvencije (HRR).¹⁰ Za neke od navedenih parametara postoji manjak normalnih referentnih vrijednosti za pedijatrijsku populaciju. Klasično testiranje se uglavnom usredotočuje na maksimalni ili vršni unos kisika (VO_2peak). Neke normalne vrijednosti spiroergometrije su već poznate, ali svaki laboratorij bi trebao usporediti uzorke lokalne, zdrave djece kako bi se izabrao primjeren set normalnih vrijednosti. Štoviše, moguće je da izdane referentne vrijednosti nisu reprezentativne za današnju djecu jer su redukcija fizičke aktivnosti i debljina u djece postali zabrinjavajući trend.¹¹

5. Interpretacija rezultata

U nalazu se mora navesti vrsta aparata na kojem je učinjena pretraga, naziv protokola po kojem je rađen test te kakvi su uvjeti u laboratoriju (temperatura, vlaga i tlak zraka). Kalibracija aparata izuzetno je važna i mora se učiniti prije svakog testiranja. Važno je komentirati je li test izveden do kraja ili je prekinut te koji je razlog prekida. Je li daljnje testiranje prekinuo liječnik zbog određenih parametara ili sam bolesnik. Parametar apsolutnog VO_2 (količina kisika iz udahnutog zraka u određenom vremenu koja se izražava u ml/min), anaerobni prag (AT), koji predstavlja točku u kojoj se metaboličke potrebe ne mogu zadovoljiti iz aerobnih izvora odnosno AT predstavlja VO_2 kod kojeg laktati u krvi počinju rasti, parametri su na osnovi kojih se provodi daljnja analiza. Prvo je pitanje je li vršna potrošnja kisika (peakVO_2) snižena ili normalna te je li se dosegao AT. Ako je vršni VO_2 uredan, a bolesnik se žali na intoleranciju napora, treba razmotriti pitanje debljine, početnih srčanih ili plućnih poremećaja, ili je nalaz uredan uz postojanje pretjerane brige za svoje zdravlje. Parametri koji se prate kod vršne potrošnje kisika (peakVO_2) su respiratorni plinovi, EKG i koliki su parametri plućne funkcije. Ako je vršni VO_2 snižen i AT nije dosegnut (pacijent je prekinuo testiranje te AT nije dosegnut), tada u obzir dolaze srčane bolesti, plućne vaskularne bolesti, plućne bolesti, poremećaji cirkulacije, anemija, kronična metabolička acidoza i slaba kondicija pacijenta (prate se parametri plućne funkcije, minutna ventilacija u naporu, frekvencija pulsa u naporu, poremećaji u EKG-u). Ako je vršni VO_2 snižen i postignut je AT, gleda se je li on snižen ili normalan.

Kod normalnog AT-a u obzir dolaze plućne bolesti, ishemija miokarda kod relativno slabog napora, slabi napor kao posljedica mišićne ili koštane bolesti (prati se parametar rezerva disanja (BR), parametri plućne funkcije i EKG).

Ako je AT snižen, moglo bi se raditi o poremećajima periferne cirkulacije, plućnim vaskularnim bolestima, srčanim bolestima, plućnim bolestima sa sniženim parcijalnim tlakom kisika (pO_2) i kroničnoj metaboličkoj acidozi. Uz analizu tih podataka treba komentirati status pacijenta u naporu i navesti koje simptome je imao, navesti komplikacije ako ih je imao (aritmija, bol u prsima, bronhospazam, hipertenzija, slabost nogu). Na kraju treba dati završno mišljenje i preporučiti daljnju obradu ako za njom postoji potreba.¹² Na slici 1. prikazan je primjer rezultata spiroergometrije.



Slika 1. Prikaz rezultata spiroergometrije, uz dopuštenje doc.dr.sc D. Dilbera

Spiroergometrija omogućuje dodatne dijagnostičke ili prognostičke informacije o bolesniku. Može dati objektivnu mjeru kapaciteta vježbanja, identificirati mehanizme ograničavanja tolerancije napora, utvrditi indeks procjene prognoze bolesti i praćenje progresije bolesti ili odgovora na liječenje. Očita je prednost funkcionalne dijagnostike kardiorespiratornog statusa prilikom opterećenja u odnosu na testove koje se izvode u mirovanju. Budući da je riječ o relativno novoj dijagnostičkoj metodi, a time manjkaju referentne vrijednosti za parametre spiroergometrije, i s obzirom na specifičnosti pedijatrijske populacije, postoji stalna potreba za kreiranjem novih studija koje bi obuhvaćale zdravu populaciju i odredile normalne vrijednosti za regiju.¹³

6. Ostale metode za funkcionalnu dijagnostiku kardiorespiratornog sustava

6.1 24satni EKG

Snimanje dugotrajnog elektrokardiograma u bolesnika za vrijeme normalnih dnevnih aktivnosti vrlo je korisna neinvazivna metoda u dijagnostici tahikardnih i bradikardnih poremećaja srčanog ritma.

Kontinuirani EKG, koji se kolokvijalno naziva holter EKG, snima se uobičajeno kroz 24 sata na dva, tri ili dvanaest EKG odvoda na elektroničku karticu. Interpretacija dugotrajnog elektrokardiograma se obavlja pomoću računala pri čemu je vrijeme analize 50 do 100 puta kraće od perioda snimanja. Sustav elektroničke interpretacije, kojeg kontrolira medicinska sestra ili tehničar, daje mnogo informacija od kojih je većina korisna, ali mnoge mogu biti neispravne i pogrešne radi neispravnog elektroničkog prepoznavanja pojedinih elektrokardiografskih događaja. Prethodno rečeno je razlog da je pri konačnoj interpretaciji kontinuiranog elektrokardiograma uvijek potreban nadzor iskusnog liječnika.¹⁴

Kontinuirani elektrokardiogram provodi se najčešće u pacijenata u kojih se sumnja da doživljavaju opasne aritmije. Velika je dijagnostička korist ove metode u pacijenata s neobjašnjivim sinkopama ili drugim prolaznim poremećajima svijesti. Kontinuirani EKG daje veću vjerojatnost bilježenja aritmije u simptomatskim i asimptomatskim razdobljima. Čak i ako klinička aritmija ne bude zabilježena, mogu se prepoznati ključni elementi koji nas približavaju dijagnozi kao ektopična aktivnost, neuobičajene promjene sinusne frekvencije i sl.

Ako se aritmija pojavljuje još rjeđe pa se ne zamijeti na 24 satnom EKG-u, a nije kratkotrajna, tada na raspolaganju stoje vanjski snimači (external event recorder) ili implanatabilni kružni snimač (loop recorder) koji se ugrađuje subkutano u prednju prsnu stijenku i trajno bilježi bolesnikov EKG, zapisujući i kratkotrajne događaje. Takvi uređaji ostaju u tijelu najdulje 12-14 mjeseci i poslije se uklanjaju uz minimalan ožiljak.¹⁵

Supraventrikularna tahikardija jest najčešća tahiaritmija u djece i odraslih. Nastaje zbog patološkog procesa u tkivu atriya i/ili atrioventrikularnog čvora. Ukoliko napad nastaje naglo, bez vidljiva povoda ili izazvan uzbuđenjem, ili katkad u toku akutne infekcije, s visokom frekvencijom (u djece od 180 do 300/min) i ako prestaje naglo, naziva se paroksizmalnom supraventrikularnom tahikardijom. Može trajati nekoliko sekunda, minuta, sati ili čak dana i prestaje naglo kao što je počeo. Veća djeca većinom dobro podnose napad i nemaju subjektivnih simptoma osim svijesti o ubrzanoj akciji srca. Čini se da napad u trajanju od nekoliko minuta do sat-dva ne može ugroziti život starijeg djeteta. U dojenčadi se mogu vrlo brzo razviti znakovi insuficijencije srca, osobito uz napade s frekvencijom oko 300/min. Elektrokardiogram kod supraventrikularne paroksizmalne tahikardije pokazuje frekvenciju između 180 i 300/min, normalno oblikovane, uske QRS-komplekse koji nisu dulji od 0,10 sekunda. P-valovi se često ne mogu razabrati jer su stopljeni sa T-valom prethodnog ciklusa.¹⁶ Pri aberantnom provođenju nalazimo široke QRS-komplekse, što je rijetko, ali je potrebno znati kako bi se ovaj entitet mogao diferencijalno dijagnostički razlikovati od ventrikularne tahikardije.

Pojavnost supraventikularne tahikardije se poistovjećivala s preekscitacijskim sindromom koji se u određenog broja djece nalazi na nativnom EKG-u, ali su danas spoznaje drugačije. Wolff-Parkinson-White sindrom odnosno preescitacijski sindrom obilježen je skraćenim PQ-intervalom i usporenim uzlaznim krakom QRS-kompleksa (delta-val) koji je u cjelini proširen.

Učestalija pojava supraventrikularnih tahikardija je vezana uz neke prirođene srčane grješke, npr. prijeoperacijski uz Ebsteinovu bolest, poslijeoperacijski kod operacije po Mustradu i Senningu, operacije po Fontanu i modifikacijama te operaciji Fallotove tetralogije.¹⁷ Ovdje lijekovi mogu djelovati kardiodepresivno i proaritmogeno pa se nerijetko mora razmatrati alternativna radiofrekventna ablacija ili korektivna kirurška krioablacija pri planiranju terapijskog pristupa.

Opći aspekt bolesnika s napadajem tahikardije varira budući da klinička slika opisuje simptome koji uključuju strah, prekordijalne opresije, bljedocu, pojačano znojenje, dispneju, katkad i prekordijalnu bol, a ponekad su napadaji kratkotrajni tako da ih pacijent ne registrira. Odluka o načinu liječenja i postupanju djeteta koje pati od paroksizmalne supraventikularne tahikardije ovisi o spoznaji morfološki normalnog srca ili pridruženoj srčanoj grješci, frekvenciji, trajanju tahikardije, simptomima i hemodinamici za vrijeme samog napadaja.

Kontinuirani 24 satni EKG je važan za dijagnozu preuranjenih kontrakcija koje se na elektrokardiogramu prepoznaju prema ranoj pojavi QRS-kompleksa koji je proširen na $\geq 0,12$ sekundi, i ne prethodi mu P-val, T-val je širok i obrnutog je smjera od QRS kompleksa, akcija atrijske većinom nije poremećena i iza ekstrasistole slijedi kompenzacijska pauza.¹⁶ Ako ih je više u jednom elektrokardiogramu, mogu biti

identični, što upućuje na jedan fokus, ili je svaki QRS-kompleks različit, što upućuje na multifokalno izbijanje, a to je u pravilu uzrok organske bolesti. Dakle, ekstrasistole često nastaju u zdravom srcu, većinom su neprimjetne, i ukoliko nije riječ o organskoj podlozi preuranjenih kontrakcija, one nestaju prilikom napora. U suprotnom, potrebna je dodatna evaluacija jer postoji vjerojatnost kardijalne patologije.

Posebno važnost ima primjena kontinuiranog EKG nakon korekcije srčanih grješaka. Nakon kompletne korekcije tetralogije Fallot među uobičajene komplikacije se ubrajaju i aritmije čija je pojava u vezi sa opsežnošću zahvata na desnoj klijetki i ostatnim ožiljcima koji mogu biti izvorom ventrikularnih ektopija. Pojedinačne preuranjene ventrikularne kontrakcije ili kratke nizove ne treba liječiti, ali dulje nizove, osobito koje su praćene popuštanjem srca treba prekidati medikamentozno.

Pulmonalna insuficijencija koja je posljedica korektivnog operacijskog zahvata uzrokuje dilataciju desne klijetke što može uzrokovati ventrikularnu tahikardiju. Aritmije koje su povezane sa iznenadnom smrću nakon operacije tetralogije Fallot su ventrikularna tahikardija i ventrikularna fibrilacija što upozorava na važnost praćenja ritma 24 satnim EKG-om. Trajanje QRS kompleksa $\geq 0,18$ sekunda predstavlja visoko osjetljiv prediktor za pojavu maligne aritmije.¹⁸

Ventrikularnom tahikardijom se smatra niz od najmanje tri ili više uzastopnih, širokih ($>0,12s$), nepravilnih QRS-kompleksa frekvencije 140-200/min. Tahikardija je trajna (eng. sustained) ukoliko traje dulje od 30 sekunda. Kratkotrajna ventrikularna tahikardija (non-sustained, NSVT) se definira kao niz od tri (ponekad pet) ili više uzastopnih, proširenih QRS kompleksa, a traje manje od 30 sekunda.¹⁹ NSVT se klinički manifestira palpitacijama ili sinkopom, a moguće je da pacijent ne uoči simptome budući da kratko traje.

Za razliku od trajne ventrikularne tahikardije koja brzo razvija kliničku sliku arterijske hipotenzije, edema pluća, koronarne hipoperfuzije i pomućenja svijesti upravo zbog nekordiniranih kontrakcija i kratke dijasole.

Ventrikularna tahikardija predstavlja opasnost za razvoj ventrikularne fibrilacije koja je najčešći mehanizam smrti. Na EKG zapisu se sastoji od niza nepravilnih i brzih, većih i manjih oscilacija frekvencije 250-400/min u kojima se ne mogu razaznati pojedini elementi. Bolesnik se nalazi u arestu i umire ukoliko se unutar 5 minuta ne primjeni kardiopulmonalna reanimacija.

6.2 Šestominutni test slobodnim hodom

Šestominutnim testom slobodnim hodom se određuje najveća udaljenost koju bolesnik može prehodati slobodnim hodom za 6 minuta. Ovim testom se uglavnom procjenjuje funkcionalni kapacitet, ali on ne daje specifične podatke o pojedinačnim sustavima (srčani, plućni, hematološki, mišićno-koštani) koji su bili angažirani pri izvođenju testa niti procjenjuje pacijentov uloženi napor i suradnju.⁴ Test služi za preoperativnu i postoperativnu procjenu te evaluaciju neke medicinske intervencije u pacijenata sa transplantiranim plućima, resekcijom i redukcijom plućnog parenhima, u pacijenata sa plućnom hipertenzijom. Koristi se kao prediktor mortaliteta i morbiditeta u pacijenata sa zatajenjem srca ili primarnom plućnom hipertenzijom.

Kod plućne hipertenzije povišen je otpor protoku krvi kroz plućne krvne žile, arterije ili vene. Srednji tlak u plućnoj arteriji u normalnom stanju je 15 mmHg.

Početnom ili latentnom plućnom hipertenzijom smatramo stanje kada je srednji tlak u plućnoj arteriji viši od 25 mmHg ili pri opterećenju za vrijeme kateterizacije viši od 30 mmHg.²⁰

Plućna hipertenzija se smatra primarnom, ako je uzrok njezina nastanka nepoznat, a sekundarnom ukoliko je uzrok poznat. Plućne krvne žile su sužene, a desno srce je opterećeno. Ako takvo stanje potraje, krvne žile pluća podliježu histološkom remodeliranju što označava stvaranje neelastičnog tkiva u krvožilnim stijenkama. A postupno se povećava i masa desne klijetke s posljedičnom hipertrofijom. Ako ovakvo opterećenje potraje, srce popušta, rastegne se i nastaje dilatacija. Oboljeli su dispnoični i sve teže podnose tjelesne napore. Bolest je progresivna i značajno skraćuje životni vijek. Iako većina bolesnika registrira prve simptome plućne hipertenzije između 20. i 40. godine, bolest može nastati još u ranoj dječjoj dobi, pa i u novorođenčadi. Plućna hipertenzija se javlja nakon operacije prirođenih srčanih grješaka. Teška postoperativna plućna hipertenzija, kod koje je kvocijent srednjeg tlaka plućne arterije prema srednjem sistemskom krvnom tlaku viši od 0,5, znatno pridonosi perioperativnom mortalitetu u bolesnika s lijevo-desnim pretokom.²⁰

Šestominutni test slobodnim hodom je prihvaćen kao najjednostavniji test za procjenu tolerancije opterećenja. Djeca s plućnom hipertenzijom su usmjerena na hodaње, ne na trčanje, s maksimalnim vremenom od 6 minuta. Test ima nedostatke, poput činjenice da dijete nije monitorirano tijekom testa, stoga procjena nije u potpunosti objektivna. Test nije primjeren za djecu koja nisu suradljiva, ni za djecu mlađu od 7 godina. Usprkos tomu, šestominutni test hodaњem je ipak dostatan za objektivnu procjenu mogućnosti opterećenja djeteta u kojeg se sumnja na plućnu

hipertenziju. Ako dijete ne može podnijeti taj test bez jasno vidljivih tegoba sa zamaranjem i otežanim disanjem, valja posumnjati na plućnu hipertenziju.²⁰

U djece u koje se postavi dijagnoza plućne hipertenzije, sposobnost podnošenja tjelesnog napora ocjenjuje se *New York Heart Association* kriterijima (NYHA) u četiri stupnja.

- NYHA I : Nema ograničenja tjelesne aktivnosti. Uobičajena tjelesna aktivnost ne izaziva napor, dispneju ili palpitacije
- NYHA II : Tjelesna aktivnost je u blagoj mjeri ograničena. Bolesnici nemaju tegoba u mirovanju. Uobičajena tjelesna aktivnost dovodi do umora, dispneje ili palpitacija.
- NYHA III : Tjelesna aktivnost je značajno ograničena. Bolesnici nemaju tegoba u mirovanju. Tjelesna aktivnost je manja od uobičajene i dovodi do simptoma.
- NYHA IV : Nemogućnost bilo kakve tjelesne aktivnosti. Simptomi insuficijencije srca prisutni su već u mirovanju. Sa svakom aktivnošću, simptomi se pogoršavaju.²¹

Šestominutni test hodanjem se izvodi na ravnoj, tvrdoj površini ravno usmjerenog hodnika. Dužina puta kojeg pacijent prelazi jest 30 m. Svaka 3 m puta treba obilježiti kao i startnu poziciju i krajnju gdje se ispitanik okreće. Test se može izvoditi i na traci za trčanje, ali se ne preporučuje jer pacijenti teže održavaju svoj tempo. Testiranje bi se trebalo izvoditi u isto vrijeme svaki dan kako bi se izbjegle dnevne varijacije.

Pacijent se ne zagrijava prije testa, nego sjedi 10 minuta prije početka i za to vrijeme mu se mjeri tlak, srčana frekvencija i saturacija kisika pulsnim oksimetrom. Pacijent

ustaje i prema Borg skali ocjenjuje svoju dispneju i umor. Borg skalu čini raspon brojčanih vrijednosti od 0 do 10 gdje 0 predstavlja potpunu odsutnost dispneje ili umora, a 10 vrlo izraženu dispneju i umor.²²

Pacijentu treba objasniti cilj i protokol izvođenja testa. Uputiti ga da će kroz period od 6 minuta hodati naprijed-nazad unutar označenog puta, nakon svake minute će biti obaviješten. Važno je naglasiti pacijentu da je moguće da će se iscrpiti, osjetiti zaduhu i da u svakom trenutku može zastati i odmoriti se, čak osloniti se na zid, te nastaviti dalje.

Ukoliko pacijent prekine test, treba zabilježiti razlog prekida. Nakon testa pacijent ponovno prema Borg skali ocjenjuje stupanj dispneje i umora.

Šestominutni test primjenjuje se prije i poslije neke intervencije, stoga se na temelju rezultata oba testa određuje da li je pacijentovo stanje klinički značajno bolje.

Danas je dostupno nekoliko modaliteta za objektivnu evaluaciju funkcionalnog kapaciteta. Neki, poput spiroergometrije daju potpunu procjenu kardiorespiratornog statusa tijekom opterećenja, dok neki daju samo osnovne informacije, ali ne zahtijevaju sofisticiranu skupu opremu i jednostavni su za izvođenje.

Spiroergometrija osigurava globalnu procjenu odgovora prilikom opterećenja, objektivno određuje funkcionalni status, kvantificira limitirajuće faktore, definira koji su priležeci patofiziološki mehanizmi odnosno koliki je udio pojedinog organskog sustava tijekom opterećenja.

Za razliku od spiroergometrije, šestominutni test hodažem ne određuje vršni unos kisika, uzrok dispneje pri naporu, niti evaluira mehanizme ili uzroke ograničavanja tjelesne aktivnosti, ali su informacije dobivene ovim testom komplementarne

informacijama dobivenima spiroergometrijom. Ali u nekim kliničkim situacijama, šestominutni test hodanjem daje podatke koji su bolji indeks sposobnosti pacijenta u izvođenju dnevnih aktivnosti, nego vršna potrošnja kisika.

7. Zaključak

Pedijatrijska kardiologija doživjela je značajan iskorak u prepoznavanju i zbrinjavanju prirođenih srčanih grješaka. Uspon se bilježi od same spoznaje o njihovom nastanku, osmišljavanju etiopatogenetske klasifikacije koja je omogućila daljnji razvoj epidemioloških istraživanja pa preko razvoja fetalne kardiologije koja postavlja dijagnoze strukturnih i funkcionalnih defekata već u ranoj gestacijskoj dobi i upozorava i priprema opstetričare i neonatologe na planiranje porođaja, postnatalnog zbrinjavanja kao i transporta, ukoliko je to potrebno.

Modaliteti terapijskih pristupa su poboljšani, kako konzervativni tako i brojni kardiokirurški zahvati, a svakako treba spomenuti intervencijsku kateterizaciju srca kao vrijedan doprinos u dijagnozi i liječenju prirođenih srčanih grješaka.

Dakako, sve nabrojene komponente ovise o povezanosti i suradnji vodećih centara, a ponajprije o dobro uigranim medicinskim timovima

Dakle, danas se gotovo sve srčane grješke mogu liječiti. Velik broj djece preživljava i ima punu kvalitetu življenja. Idu u vrtiće, školu, rade tjelesni odgoj, upisuju fakultete te se zapošljavaju, ali mnogi ostaju kronični bolesnici. I u jednom i u drugom slučaju je potrebno kontinuirano praćenje i procjena funkcionalnog statusa. Većina dosadašnjih dijagnostičkih metoda se izvodi u mirovanju, dok metode poput spiroergometrije, koje stavljaju pacijenta pod opterećenje i procjenjuju njegovu

funkcionalnu sposobnost u kretanju imaju veliku važnost pri izradi smjernica za daljnje praćenje pacijenata, za donošenje odluka o bavljenju tjelesnim aktivnostima i usmjeravanje prilikom odabira profesije.

Spiroergometrija može dati objektivnu mjeru kapaciteta vježbanja, identificirati mehanizme ograničavanja tolerancije napora, utvrditi indeks procjene prognoze bolesti i praćenje progresije bolesti ili odgovora na liječenje. Očita je vrijednost funkcionalne dijagnostike kardiorespiratornog statusa prilikom opterećenja u odnosu na testove koje se izvode u mirovanju.

Dodatni testovi koji se koriste za procjenu kardiorespiratornog statusa u djece su kontinuirani 24 satni EKG koji bilježi srčanu akciju prilikom svakodnevnih aktivnosti, dakle, opet je riječ o monitoriranju pacijenta u kretanju.

Šestominutni test je prihvaćen kao najjednostavniji test za procjenu tolerancije opterećenja koji ne zahtjeva skupu opremu, a daje bazične informacije o funkcionalnom kapacitetu i procjeni uspjeha neke medicinske intervencije te ga ne treba zamjenjivati spiroergometrijom, nego ga učiniti komplementarnim dijagnostičkim modalitetom.

8. Zahvale

Zahvaljujem mentoru doc.dr.sc D.Dilberu na sugestijama i stručnoj pomoći prilikom pisanja diplomskog rada.

Zahvaljujem svojim dragim roditeljima, Nadi i Petru, i sestrama, Ivani i Vedrani, na bezuvjetnoj potpori tijekom mog školovanja.

Zahvaljujem Lei, Kati i Ireni na svim lijepim trenucima tijekom naših studentskih dana.

9. Literatura

- 1 Dilber D., Malčić I. (2010) Spectrum of congenital heart defects in Croatia. Eur J Pediatr, 169 (5). pp. 543-50. ISSN 0340-6199
- 2 Malčić I. (2011), Postnatalno liječenje prirođenih srčanih grješaka, Malčić I., Škrablin-Kučić S., Fetalna i neonatalna kardiologija, Zagreb, Medicinska naklada
- 3 Palange P, Ward S, Whipp B (2006) Clinical exercise testing. Breathe, 3(2):159-163
- 4 Ivančević Ž (2010), Testovi plućne funkcije, Bergovac M., Ivaničević Ž., Kuzman I., Rumboldt Z., Silobrčić V., Štimac D., Tonkić A., MSD priručnik dijagnostike i terapije, Split, Placebo d.o.o
- 5 Washington RL, Bricker JT, Alpert BS, Daniels SR, Deckelbaum RJ, Fisher EA et al. (1994) Guidelines for exercise testing in the pediatric age group. From the Committee on Atherosclerosis and Hypertension in Children, Council on Cardiovascular Disease in the Young, the American Heart Association. Circulation. 90:2166-79.
- 6 Firoozi S, Sharma S, McKenna WJ.(2003) Risk of competitive sport in young athletes with heart disease. Heart. 89:710-4.
- 7 Abu-Hasan M, Tannous B, Weinberger M. (2005) Exercise-induced dyspnea in children and adolescents: if not asthma then what? Ann Allergy Asthma Immunol. 94:366-71.
- 8 Müller J, Christov F, Schreiber C, Hess J, Hager A. (2009) Exercise capacity, quality of life, and daily activity in the long-term follow-up of patients with univentricular heart and total cavopulmonary connection. EurHeart J. 30:2915-20.
- 9 Brubaker P, Kitzman D. (2010), Chronotropic Incompetence: Causes, Consequences, and Management; Circulation. 123(9): 1010–1020
- 10 Cooper DM, Weiler-Ravell D, Whipp BJ, Wasserman K.(1984) Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. J Appl Physiol. 56:628-34.
- 11 Takken TAC Blank, EH Hulzebos, van Brussel M, Groen WG, Helders PJ. (2009) Cardiopulmonary exercise testing in congenital heart disease: (contra)indications and interpretation. NethHeart J. 17:385-92.

- 12 Jalušić Glunčić T (2011) Koje odgovore nam daje spiroergometrija? Medicus, 20 (2), 257-261
- 13 Palange P, Ward S, Carlsen K i sur.(2007) Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. Eur Resp J 29(1):185-209.
- 14 Bergovac M (2003), Kontinuirani EKG, Francetić I, Jakšić B, Vucelić B, Interna medicina, Zagreb, Naklada Ljevak
- 15 Buljević B (2008), Postupnici pri srčanim aritmijama u djece, Malčić I, Pedijatrijska kardiologija, odabrana poglavlja - 3.dio, Zagreb, Medicinska naklada
- 16 Bergovac M (1997), Praktična elektrokardiografija, Zagreb, Školska knjiga, 55.str
- 17 Malčić I (2008), Supraventrikulske tahikardije u dječjoj dobi- diferencijalnodijagnostičke dvojbe i terapijski postupnik, Malčić I, Pedijatrijska kardiologija, odabrana poglavlja- 3.dio, Zagreb, Medicinska naklada
- 18 Galea N, Aquilina O, Grech V (2006), Risk factors for QRS prolongation after repaired tetralogy of Fallot, Hellenic J Cardiol 47, 66-71
- 19 Katritsis D G, Zareba W, Camm A J (2012), Nonsustained ventricular tachycardia, J Am Coll Cardiol, 60, 1993-2004
- 20 Malčić I (2003), Plućna hipertenzija, Malčić I, Pedijatrijska kardiologija, odabrana poglavlja-2.dio, 163. Str
- 21 Vrhovac B i suradnici (2003) , Interna medicina, Zagreb, Naklada Ljevak, 475 str
- 22 American Thoracic Society (2002), Guidelines for the six minute walk test, Am J Respir Crit Care Med 166, 111-117 str

10. Životopis

Rođena sam 28.svibnja 1990. godine u Novoj Gradišci.

1997-2005 pohađam Osnovnu školu Ljudevita Gaja.

2005-2009 pohađam Opću gimnaziju Nova Gradiška.

Tijekom osnovnoškolskog i srednjoškolskog obrazovanja redovito sam sudjelovala na županijskim i državnim natjecanjima iz hrvatskog jezika i biologije.

2009-2015 pohađam Medicinski fakultet u Zagrebu.

Demonstratorica sam na Katedri za Histologiju i embriologiju i na Katedri za pedijatriju.

Engleskim jezikom se služim na razini B2, a njemačkim jezikom na razini B1.

Posjedujem dobro razvijene komunikacijske vještine stečene savladavanjem obrazovnih zadataka tijekom studiranja.

Vješto baratam MS Office paketom.

Imam položenu B kategoriju.

